臺南白玉米族群於不同季節下各農藝性狀對產量的影響路徑分析

張聖顯 [1]、呂秀英 [2*]、陳成 [3]
[1]行政院農委會花蓮區農業改良場蘭陽分場
[2]行政院農委會農業試驗所農藝組
[3]國立臺灣大學農藝學系

摘要

臺南白玉米族群為臺灣地區鮮食用之主要的地方品種，屬天然授粉族群。本研究以臺南白玉米族群為試驗材料，自 1995 年春至 1996 年秋共五季栽培於臺灣大學農業試驗場，利用路徑分析探討不同季節栽培下產量構成要素及生育前期性狀對產量的影響機制。臺南白族群之產量的影響路徑分析在不同季候下結果相似，均顯示臺南白族群以子實重受其產量構成要素之影響程度較小，而穗重受其產量構成要素之影響程度較大；子實性狀受前期果穗及植株性狀之影響程度較高，果穗性狀則受前期植株性狀之影響較小。雄穗開花日數及雌穗吐絲日數間以互相補償之機制對果穗及子實性狀造成影響，但是此在不同季節及不同性狀間之表現有差異。從路徑分析的結果顯示，若要增進臺南白玉米族群之子實產量，首要選拔果穗較重及果穗較長且粗者，並考慮子實較長及百粒重較大者。本研究之結論可提供臺南白玉米族群於栽培及育種工作之參考。

關鍵詞： 臺南白玉米、季節變異性、產量構成要素、生育前期性狀、路徑分析。

* 通信作者, iying@wufeng.tari.gov.tw
投稿日期：2004 年 3 月 8 日
接受日期：2004 年 4 月 13 日

作物、環境與生物資訊 1:121-138 (2004)
Crop, Environment & Bioinformatics 1:121-138 (2004)
189 Chung-Cheng Rd., Wufeng, Taichung Hsien 41301, Taiwan (ROC)

Path Analysis of the Yields Affected by Agronomic Characters in Tainan-white Maize Population under Different Crop Seasons

Sheng-Hsien Chang [1], Hsiu-Ying Lu[2*] and Cheng Chen[3]

[1] Lanyang Branch Station, Hualien District Agricultural Improvement Station, Hualien Hsien, Taiwan (ROC)
[2] Agronomy Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan (ROC)
[3] Department of Agronomy, National Taiwan University, Taipei, Taiwan (ROC)

ABSTRACT

"Tainan-white" (TNW), an open-pollinated population, is the major table-use fresh maize variety in Taiwan. Path analysis was employed to study the covariation of seed yield with the agronomic characters determined in the early growing stages, and yield components for TNW grown under different crop seasons. Plants of TNW were grown in the experimental field of Taiwan University in Taipei from the spring crop of 1995 to the fall crop of 1996. There were five planting seasons in total during two years. Similar results from path analysis were obtained for plants grown in different crop seasons. Firstly, ear weight was largely depended on yield components, yet kernel weight was less affected by yield components. Secondly, the agronomic characters measured from the early growing stages had lesser influence on ear weight than on

kernel weight. Thirdly, compensation effect existed between days to tasseling and days to silking, but varied among different crop seasons and different ear and kernel characters. Results of path analysis suggest that selection for greater, longer and thicker ears and for longer kernels with greater 100-kernel weights would be beneficial to increase the kernel weight of TNW population. Such information may be useful for future research on cultivation practices and breeding for improving TNW population.

Key words: Tainan-white maize, Seasonal variation, Yield components, Characters in the early growing stages, Path analysis.

前言

我國已於 2002 年元旦加入國際貿易組織(WTO)，開放市場是既定政策，必然對國內農產之產銷造成衝擊，並將直接受到國際市場變化之影響。臺灣地區在成本、品質與產量之多方考量下，玉米(*Zea mays* L.)之推廣政策勢必要做重大調整，惟鮮食玉米在臺灣仍有一定之市場需求。食用玉米臺南白品種屬白色之馬齒種，在臺灣栽培已有 90 年以上的歷史，屬於本省栽培甚久之地方品種，適合全臺各區及周年的栽培。由於其適應性廣且適口性佳，為具糯性種實之天然授粉(open-pollinated)族群，因此生育及產量表現頗獲農民之青睞，也是相當好的育種材料。臺南白玉米族群在臺灣多變之環境下經過長期馴化，各地區族群間之農藝性狀已有顯著差異(Huang *et al.* 1990, Shieh and Thseng 1998, Yang *et al.* 2003)，即各地區族群內已形成最適應當地季候或期作之遺傳組成；各地區經長期馴化留種所形成之臺南白玉米族群，在當地不同期作或季候下的表現亦有明顯差異(Yang *et al.* 1991)。Chen and Lien (1989)針對玉米種質與環境交感效應之研究，指出臺南白玉米族群之株高和穗重的穩定性甚高，而此係因為臺南白族群各農藝性狀在各個族群內存在極大的遺傳變異(Shieh and Thseng 1998)。另 Shieh and Thseng (1998)亦指出，歷經臺灣各地農業生態型環境的淘汰，不同地區的臺南白族群間存在極大的變異性，同時已有分化產生，影響其分化的主要分子可能為溫度梯度(北低至南高)所造成。Chang *et al.* (2002b)發現臺南白玉米族群各農藝性狀在五個不同年份季節栽培下有顯著之差異，性狀間之相關性亦因季候變化而有不同，由此可見臺南白玉米族群擁有較佳之族群緩衝能力，對環境氣象條件變動之適應性亦佳，造就其產量穩定之特質。臺南白玉米族群的果穗性狀在氣候環境變化下的表現最穩定，其次為子實性狀，植株性狀之變異最大，此種表現正符合農業生產上所需之適應性及穩定性，也因此其能在臺灣地區未經育種及推廣而得以歷經長久之栽培而不墜。Chang *et al.* (2002a)以三種優良自交系(T9-9、H95 及 A632)之種質導入臺南白玉米族群，改變其遺傳組成，以評估不同期作氣象條件下對各農藝性狀之穩定性及生產力的影響。結果發現因而使得族群之穩定性降低，且與產量相關之所有果穗性狀及子實重表現出雜交優勢之現象，而百粒重表現則降低，表示這些果穗性狀及子實重與百粒重之間可能存在產量構成要素間之補償機制所致。因此，倘能就臺南白玉米族群在不同季節下釐清產量及其產量構成要素之關係，應可提供玉米生產管理技術之改進及育種工作之重要參考。

通常生物之生長發育是不可逆的，生育後期之表現絕大部份會受到前期生育狀態之綜合影響，且不同季候影響下各性狀間之關係相當複雜，並不確知生育前、後期性狀彼此間的影響關係，亦不確定彼此間之影響是直接的，還是間接的？而生育前期植株性

狀與生育後期之產量(果穗及子實)性狀間的影響關係倘能釐清，則有關臺南白玉米族群穩定性機制之推論，或可得到更多支持及改善的依據，有利於育種工作選種指標之決定。路徑分析(path analysis)是一種應用複迴歸(multiple regression)分析原理的統計方法，最適合用來研究在時間方面有前後次序的幾個變項之中，較先發生的變項經由什麼途徑來影響其後發生的那些變項，及其影響力之大小(Li 1975, Sokal and Rohlf 1981)。因此本研究即針對臺南白玉米族群，依據五個不同季候進行路徑分析，分別釐清產量性狀(子實重及穗重)之構成要素，以及子實和果穗性狀受到生育前期性狀之影響路徑。

材料與方法

一、田間試驗與性狀調查

臺南白(Tainan-white,TNW，由農委會農業試驗所提供)玉米族群分別於不同年份之五個季節：1995 年春(4 月 8 日)、1995 年秋(8 月 6 日)、1995 年冬(12 月 8 日)、1996 年春(3 月 30 日)及 1996 年秋(8 月 26 日)，栽培於臺北市之國立臺灣大學農業試驗場。

採育苗移植方式，行株距 80 公分×20 公分，每穴一株，共種 200 株。全生育期施用肥料量，依有效態氮 (N)：磷 (P_2O_5)：鉀(K_2O) =140:30:70 公斤／公頃施用，其中磷、鉀肥的全量與氮肥之 1/3 氮肥於移植前當基肥施用，另 1/3 氮肥於移植後二週作第一次追肥施用，其餘 1/3 氮肥於移植後四週作第二次追肥施用。田間管理依一般玉米栽培方式，適時進行中耕除草、灌溉、排水及病蟲害防治等工作。收獲則以苞葉黃化、子實堅硬以指甲扣壓而不陷且無乳汁擠出為準。去除苞葉後，置於 30℃烘箱中，烘乾六天。

在生育期間及果穗採收烘乾後，調查所有成活植株的 6 個植株性狀(雄穗開花日數、雌穗吐絲日數、株高、穗位高、莖徑、葉數)、5 個果穗性狀(穗長、穗徑、軸徑、穗重、每穗行數)以及 4 個子實性狀(子實長、子實重、百粒重、子實容積重)，共 15 個性狀。這些性狀都與品種選育及環境之適應性有密切關聯。由於幾乎所有植株均僅有一個果穗，故果穗性狀之測量以一個果穗為單位(極少數有兩穗之情形，則僅取最上位的主穗)。說明如下：

1.雄穗開花日數(days to tasseling , TS)：

自播種至雄穗開花之日數，以天(day)為單位。

2.雌穗吐絲日數(days to silking, SK)：

自播種至雌穗絲狀柱頭吐出成小團棉絮狀之日數，以天(day)為單位。

3.株高(plant height, PH)：

自地表至雄穗穗頸節之高度，單位是公分(cm)。

4.穗位高(ear height, EH)：

自地表至第一雌穗(主穗)著生節位之高度，單位是公分(cm)。

5.莖徑(stalk diameter, SD)：

第一雌穗之下方節位莖桿之直徑，單位是公厘(mm)。

6.葉數(leaf number, LN)

開花期植株上之綠色葉片數，以片為單位。

7.穗長(ear length, EL)：

去除苞葉之果穗，自基部至尾端的長度，單位是公分(cm)。

8.穗徑(ear diameter，ED)：

去除苞葉之果穗中段直徑，單位是公厘(mm)。

9.軸徑(cob diameter，CD)

果穗脫粒後之穗軸中段直徑，單位是公厘(mm)。

10.穗重(ear weight, EW)

去除苞葉果穗，烘乾後未脫粒之整穗重量，以公克 (g)為單位。

11.每穗行數(row number per ear, ERN)

果穗上之全部行數，以行為單位。

12.子實長 (kernel length, KL) ：

量取子實長，單位是公厘(mm)。

13.子實重 (kernel weight, KW) ：

果穗脫粒並去除雜物後，秤取全部子實之重量，以公克(g)為單位。

14.百粒重(100-kernel weight, 100KW)：

每穗之子實逢機秤取 100 粒之重量，以公克(g)為單位。

15.子實容積重(volume weight of kernel, KVW)：

即子實密度，可代表子實之充實程度，以公克／毫升(g ml^{-1})為單位。

二、統計分析

本研究各項統計分析工作，均依據統計分析軟體 SAS/STAT V8.2 (SAS 2001)於個人電腦建檔及運算。首先分開不同季節，進行各農藝性狀間的簡單相關分析(simple correlation analysis)，以探討性狀相關性的季節間差異。然後，藉由所得之相關分析，進行以下路徑分析：

1. 臺南白族群於不同季節下產量構成要素對子實重的影響因素及可能路徑。
2. 臺南白族群於不同季節下產量構成要素對穗重的影響因素及可能路徑。
3. 臺南白族群於不同季節下生育前期性狀對產量(子實重及穗重)的影響因素及可能路徑。

假設各農藝性狀間可能的因果關係呈直線相加形態，其假設的因果模式是單向模式(recursive model)，如 Fig. 1 所示。此路徑圖 一簡化形式，可能的因果關係如下：箭頭 1 代表 3 條路徑連結其他 3 個子實性狀表現與子實重表現；箭頭 2 代表 4 條路徑連結其他 4 個果穗性狀表現與穗重表現；箭頭 3 代表 5×4 條路徑連結 5 個果穗性狀表現與 4 個子實性狀表現；箭頭 4 代表 6×5 條路徑連結 6 個植株性狀表現與 5 個果穗性狀表現；箭頭 5 代表 6×4 條路徑連結 6 個植株性狀表現與 4 個子實性狀表現。箭頭 1、2 所代表之路徑分別探討子實重及穗重兩種產量測量單位之主要產量構成要素，而箭頭 3、4、5 則共同探討各生育前期性狀對所有子實性狀及果穗性狀的影響程度及路徑。

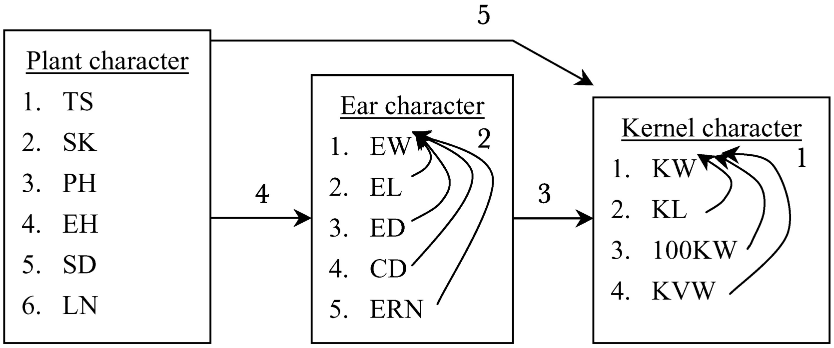


Fig. 1. Path diagram adopted in this study. TS:days to tasseling; SK:days to silking; PH:plant height; EH:ear height; SD:stalk diameter; LN:leaf number; EW:ear weight; EL:ear length; ED:ear diameter; CD:cob diameter; ERN:row number per ear; KW:kernel weight; KL:kernel length; 100KW:100-kernel weight; KVW:volume weight of kernel.

根據 Fig. 1 的理論模型，分別將各相關矩陣進行複迴歸分析，所求得各變量之間的標準淨迴歸係數 (standardized partial regression coefficient)，即路徑係數 P (path coefficient)。由路徑係數之大小，可以看出在某一模式中，哪一個前期性狀之影響力佔有較重要之地位，以及如何影響後期的產量性狀。以本研究之箭頭 1 所指之三條路徑為例說明，設 Z_1=子實重，Z_2=子實長，Z_3=百粒重，Z_4=子實容積重，則子實重受到其他三個子實性狀間的因果關係可寫成以下模式：

$$Z_1=P_{12}\times Z_2+P_{13}\times Z_3+P_{14}\times Z_4+e_1$$

式中 P_{1i} 為第 i 個子實性狀對子實重(Z_1)之路徑係數，模式中的殘餘項(e_1)，可經由下式求得：

$$e_1=\sqrt{1-R^2}$$

式中 R^2 為此模式的決定係數 (coefficient of determination)，用以決定此模式的解釋能力。

結果

一、臺南白玉米族群農藝性狀相關之季節間差異比較

在不同年份、期作下臺南白玉米族群各農藝性狀間之相關分析，結果詳如 Table 1 (A、B、C)。不同季節下各農藝性狀間的相關關係未必相同。整體而言，分開五季均表

Table 1A. Correlation coefficients[1] among 15 agronomic characters[2] of TNW maize population in spring crops of 1995 and 1996.

	TS	SK	PH	EH	SD	LN	EL	ED	CD	EW	ERN	KL	KW	100KW	KVW
TS		**0.80**	0.26	0.21	-0.04	0.15	0.05	-0.03	0.08	-0.01	0.00	-0.13	-0.04	0.00	-0.19
SK	**0.57**		-0.02	-0.05	-0.07	0.02	-0.10	-0.16	0.09	-0.16	-0.07	-0.33	-0.20	-0.07	-0.22
PH	0.25	-0.05		**0.78**	0.29	0.18	0.16	0.20	0.06	0.22	0.08	0.21	0.19	0.26	0.00
EH	0.49	0.11	**0.66**		0.12	0.17	0.08	0.16	0.06	0.11	0.13	0.16	0.08	0.19	0.12
SD	0.01	-0.01	0.29	0.00		0.21	0.36	0.33	0.21	0.38	0.18	0.25	0.35	0.23	0.11
LN	**0.51**	0.22	0.26	0.43	0.05		0.21	0.36	0.30	0.38	0.06	0.19	0.37	0.25	0.11
EL	0.27	0.16	0.29	0.23	0.23	0.39		0.35	0.11	**0.60**	-0.06	0.37	**0.56**	0.32	0.03
ED	0.01	-0.20	0.08	0.05	0.19	0.26	0.29		**0.71**	**0.74**	0.19	**0.66**	**0.69**	**0.56**	0.16
CD	0.20	0.06	0.14	0.19	0.25	0.27	0.29	0.43		0.44	0.20	-0.06	0.35	0.37	0.06
EW	-0.01	-0.21	0.18	0.16	0.07	0.15	0.36	**0.63**	0.18		0.02	**0.58**	**0.98**	**0.63**	0.23
ERN	0.00	0.12	0.00	0.01	-0.06	0.14	0.11	0.25	0.24	0.20		0.05	-0.02	-0.07	-0.02
KL	-0.15	-0.28	-0.02	-0.08	0.00	0.06	0.04	**0.71**	-0.33	0.47	0.08		**0.60**	0.40	0.17
KW	-0.09	-0.28	0.18	0.13	0.02	0.06	0.27	**0.59**	0.07	**0.98**	0.20	**0.54**		**0.59**	0.22
100KW	-0.29	-0.23	-0.26	-0.28	-0.07	0.08	0.16	0.29	-0.08	0.24	-0.07	0.37	0.26		0.46
KVW	-0.18	-0.37	-0.03	0.03	-0.07	-0.24	0.06	0.24	-0.22	**0.54**	-0.07	0.43	**0.61**	0.35	

1 Numerals above the diagonal are correlation coefficients for the spring crop of 1995 (sample size=113), those off the diagonal are correlation coefficients for the spring crop of 1996 (sample size=72)； Correlations with coefficient greater than 0.5 and significant at 1% level (bold and underline).

2 TS:days to tasseling; SK:days to silking; PH:plant height; EH:ear height; SD:stalk diameter; LN:leaf number; EL:ear length; ED:ear diameter; CD:cob diameter; EW:ear weight; ERN:row number per ear; KL:kernel length; KW:kernel weight;100KW:100-kernel weight; KVW:volume weight of kernel.

Table 1B. Correlation coefficients[1] among 15 agronomic characters[2] of TNW maize population in fall crops of 1995 and 1996.

	TS	SK	PH	EH	SD	LN	EL	ED	CD	EW	ERN	KL	KW	100KW	KVW
TS		**0.78**	0.24	0.40	-0.06	0.24	0.22	-0.20	-0.25	0.02	-0.22	0.04	0.03	0.15	0.06
SK	**0.83**		0.15	0.24	-0.06	0.10	0.02	-0.32	-0.19	-0.10	-0.20	-0.15	-0.05	0.12	0.05
PH	0.06	-0.02		**0.71**	0.41	0.36	0.49	0.34	0.33	0.48	-0.12	0.17	0.44	0.39	0.37
EH	0.44	0.26	**0.59**		0.26	0.40	0.42	0.25	0.14	0.40	-0.26	0.28	0.39	0.29	0.35
SD	-0.14	-0.20	**0.56**	0.18		0.30	0.42	0.17	0.22	0.18	-0.29	0.09	0.19	0.23	0.26
LN	0.43	0.22	**0.61**	**0.68**	0.34		0.31	0.12	0.13	0.12	-0.26	0.02	0.15	0.33	0.35
EL	-0.01	-0.10	0.44	0.30	**0.65**	0.32		0.35	0.19	**0.54**	-0.12	0.30	**0.57**	0.35	0.39
ED	-0.37	**-0.51**	0.32	0.06	0.39	0.13	0.27		**0.73**	**0.66**	0.25	**0.78**	**0.71**	0.41	0.30
CD	0.05	-0.04	0.43	0.17	0.47	0.26	0.27	**0.69**		0.42	0.24	0.14	0.41	0.40	0.17
EW	-0.05	-0.15	0.41	0.25	**0.55**	0.29	**0.60**	**0.60**	0.47		0.03	**0.53**	**0.93**	0.38	0.25
ERN	-0.06	-0.07	0.14	0.09	0.04	0.09	-0.05	0.29	0.29	0.05		0.12	0.01	-0.15	-0.20
KL	**-0.51**	**-0.64**	0.18	-0.02	0.24	0.01	0.21	**0.91**	0.33	0.49	0.21		**0.64**	0.19	0.28
KW	-0.10	-0.21	0.34	0.22	**0.51**	0.25	**0.54**	**0.60**	0.43	**0.97**	0.06	0.49		0.41	0.30
100KW	-0.38	**-0.52**	0.15	-0.15	0.21	-0.08	0.16	**0.66**	0.32	**0.56**	-0.09	**0.67**	**0.55**		**0.53**
KVW	-0.03	-0.08	0.37	0.24	0.32	0.27	0.27	0.15	0.12	0.28	0.03	0.13	0.23	0.15	

[1] Numerals above the diagonal are correlation coefficients for the fall crop of 1995 (sample size=95), those off the diagonal are correlation coefficients for the fall crop of 1996 (sample size=130)； Correlations with coefficient greater than 0.5 and significant at 1% level (bold and underline).

[2] TS:days to tasseling; SK:days to silking; PH:plant height; EH:ear height; SD:stalk diameter; LN:leaf number; EL:ear length; ED:ear diameter; CD:cob diameter; EW:ear weight; ERN:row number per ear; KL:kernel length; KW:kernel weight; 100KW:100-kernel weight; KVW:volume weight of kernel.

Table 1C. Correlation coefficients[1] among 15 agronomic characters[2] of TNW maize population in winter crop of 1995.

	TS	SK	PH	EH	SD	LN	EL	ED	CD	EW	ERN	KL	KW	100KW	KVW
TS		**0.89**	0.38	0.38	0.25	0.28	0.34	0.28	0.18	0.40	-0.01	0.16	0.40	0.05	-0.01
SK			0.23	0.20	0.11	0.13	0.27	0.28	0.12	0.32	0.00	0.24	0.31	0.01	0.07
PH				**0.80**	0.48	**0.66**	**0.58**	0.28	0.26	**0.50**	-0.14	0.06	0.46	0.26	-0.11
EH					0.40	**0.64**	0.44	0.23	0.15	0.44	-0.18	0.12	0.42	0.22	-0.19
SD						**0.54**	0.49	0.47	0.47	**0.59**	-0.02	0.12	**0.58**	0.44	-0.04
LN							**0.54**	0.36	0.37	**0.55**	-0.05	0.07	**0.53**	0.33	-0.06
EL								0.46	0.45	**0.85**	-0.08	0.13	**0.83**	0.35	0.04
ED									**0.64**	**0.66**	0.24	**0.62**	**0.65**	0.48	0.19
CD										**0.52**	0.13	-0.19	0.48	0.33	0.14
EW											0.02	0.28	**0.99**	0.49	0.07
ERN												0.18	0.04	-0.23	-0.04
KL													0.31	0.27	0.11
KW														0.47	0.08
100KW															0.18
KVW															

[1] sample size=116； Correlations with coefficient greater than 0.5 and significant at 1% level (bold and underline).

[2] TS:days to tasseling; SK:days to silking; PH:plant height; EH:ear height; SD:stalk diameter; LN:leaf number; EL:ear length; ED:ear diameter; CD:cob diameter; EW:ear weight; ERN:row number per ear; KL:kernel length; KW:kernel weight;100KW:100-kernel weight; KVW:volume weight of kernel.

現正相關之性狀有雄穗開花日數與雌穗吐絲日數，株高與穗位高，穗徑與子實長、子實重，穗重與子實重，表示這些性狀間之關係非常密切而且穩定，不會因季節之變異而改變。除 1996 年春季外，其他四季均表現正相關之性狀有，穗長與穗重、子實重，穗徑與軸徑；除 1995 年冬及 1996 年秋外，其他三季均表現正相關之性狀為子實長與子實重；除上述性狀外，其他性狀間之相關性在不同季節間之表現並不一致或不顯著。由此可見，不同季候影響下臺南白族群各性狀間的關係相當複雜。

二、臺南白玉米族群於不同季節下產量構成要素對子實重的影響因素及可能路徑

臺南白玉米族群依不同季節分別進行子實重受其產量構成要素影響的路徑分析，五季之複迴歸模式之 F 測驗結果均達極顯著水準，並分季繪製路徑圖於 Fig. 2。子實重為產量代表性狀之一，1995 年春之子實重的產量構成要素以子實長及百粒重為主，路徑係數均為 0.44，故二要素決定之重要性相等；子實容積重之路徑係數則較小且未達顯著水準，故影響程度較小。1996 年春之子實重的產量構成要素為子實長及子實容積重，子實容積重之影響程度相對大於子實長；百粒重之路徑係數則較小且未達顯著水準，故影響程度較小。1995 年秋之子實重的產量構成要素為子實長及百粒重，子實長之影響程度相對大於百粒重；子實容積重之路徑係數則較小且未達顯著水準，故影響程度較小。1996 年秋之子實重的產量構成要素為子實長及百粒重，百粒重之影響程度相對大於子實長；子實容積重之路徑係數則較小且未達顯著水準，故影響程度較小。1995 年冬之子實重的產量構成要素為子實長及百粒重，百粒重之影響程度相對大於子實長；子實容積重之路徑係數則較小且未達顯著水準，故影響程度較小。根據上述結果，影響臺南白族群子實重之主要產量構成要素，僅於 1996 年春以子實長及子實容積重之路徑係數較大且達顯著水準，其他四季則均以子實長及百粒重為主要之產量構成要素，然於各季之影響程度並不相同，重要性亦不同。而子實長對子實重之正向影響，於不同季候環境下皆明顯存在，因此成為臺南白玉米族群之子實重最主要的產量構成要素，百粒重則次之。五季間之複迴歸模式的解釋能力僅達 26-51%(即決定係數 R^2 在 0.26-0.51 之間)，殘餘效應均甚大 (0.70-0.86)，顯示仍有較大部分之影響可能來自未知的因子。所謂未知因子，除了隨機誤差之外，可能是其他前期生育性狀如果穗及植株性狀，或是季節氣候條件、土壤狀況、病蟲害之發生率等差異所影響。

三、臺南白玉米族群於不同季節下產量構成要素對穗重的影響因素及可能路徑

臺南白玉米族群依不同季節分別進行穗重受其產量構成要素影響的路徑分析，五季之複迴歸模式之 F 測驗結果均達極顯著水準，並分季繪製路徑圖於 Fig. 3。穗重為另一產量代表性狀，五季之穗重的產量構成要素均以穗長及穗徑為主，其中 1995 年春、1996 年春及 1995 年秋等三季均以穗徑之影響程度相對大於穗長；1996 年秋則穗長及穗徑之影響程度近似；1995 年冬則以穗長之影響程度相對大於穗徑；而五季之軸徑及每穗行數之路徑係數皆較小且未達顯著水準，故影響程度較小。而穗長及穗徑對穗重之正向影響，於不同季候環境下皆明顯存在，同時成為穗重最主要之產量構成要

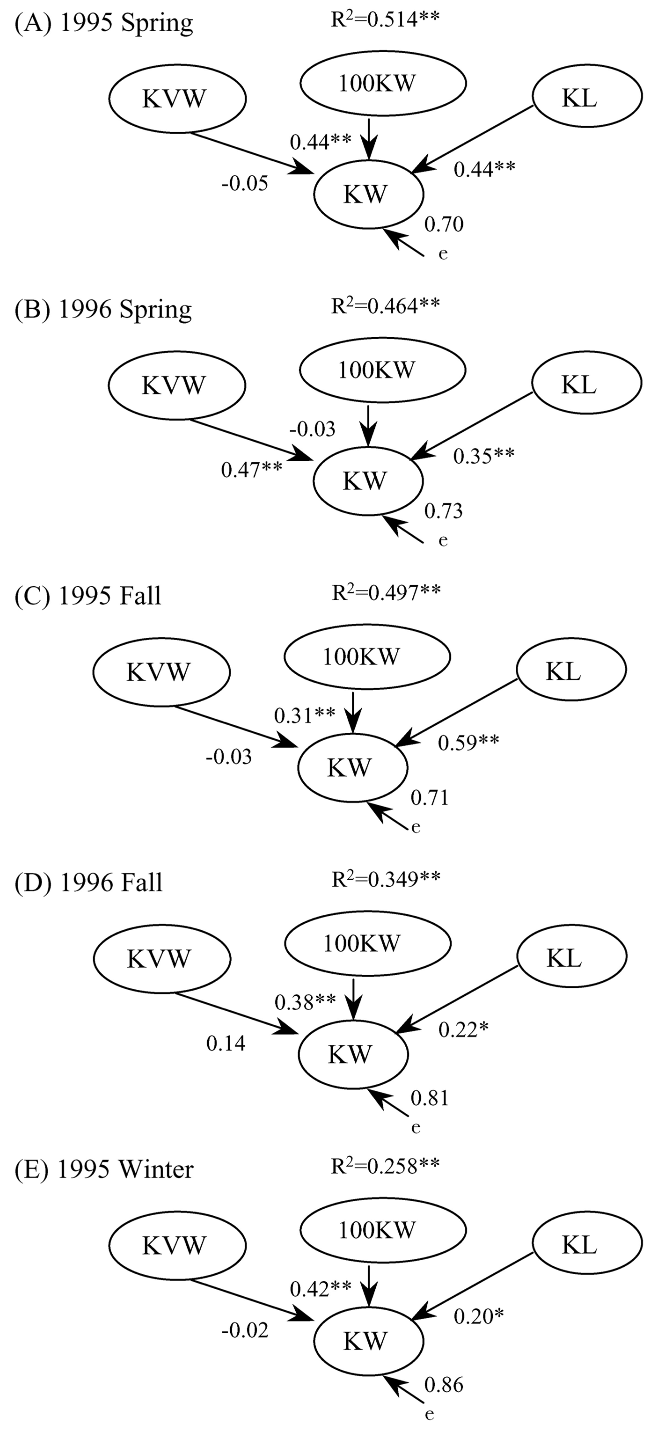


Fig. 2. Path analysis on the kernel weight and its yield components of TNW maize population grown in different crop seasons. KVW:volume weight of kernel; 100KW:100-kernel weight; KL: kernel length; KW: kernel weight; e : residual factor; *, **:significant at 5% and 1% levels, respectively.

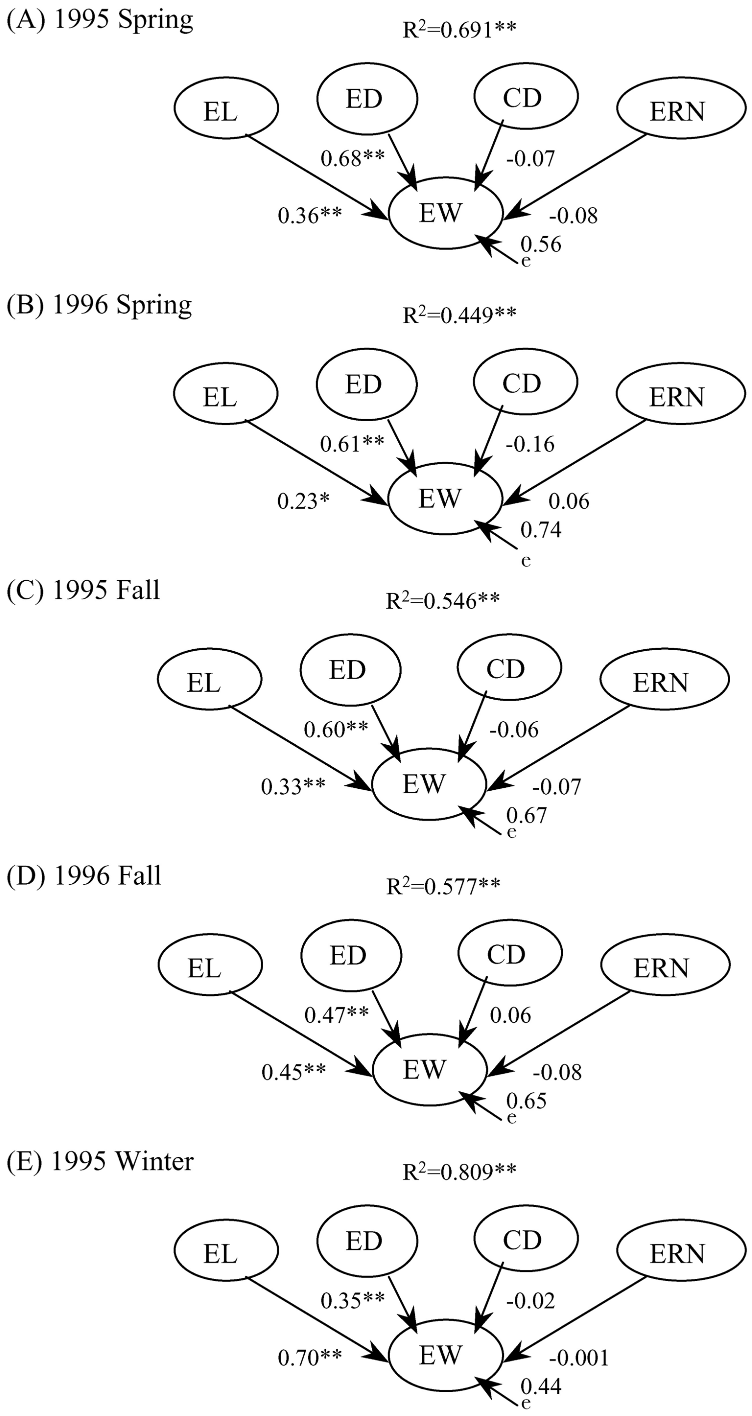


Fig. 3. Path analysis on the ear weight and its yield components of TNW maize population grown in different crop seasons. EL:ear length; ED:ear diameter; CD:cob diameter; ERN:row number per ear; EW:ear weight; e : residual factor; *, **:significant at 5% and 1% levels, respectively.

素。五季間之複迴歸模式的解釋能力(R^2)則達 45-81%，殘餘效應介於 0.44-0.74 之間，顯示仍有部分之影響可能來自未知的因子。

四、臺南白玉米族群於不同季節下生育前期性狀對產量的影響因素及可能路徑

臺南白玉米族群於不同季節下前期性狀對後期產量的路徑分析，所得結果包括路徑係數(含顯著性測驗)、殘餘效應(e)及決定係數(R^2)及迴歸模式之 F 值顯著性測驗，分別列於 Table 2 (子實性狀部份)及 Table 3 (果穗性狀部份)。五季之複迴歸模式大多達顯著或極顯著水準，例外者有子實性狀部份僅於 1995 年春及 1995 年冬對子實容積重之模式未達顯著水準(Table 2)；而果穗性狀部份，於 1996 年春對所有果穗性狀之模式皆未達顯著水準，且對每穗行數除了 1996 年秋之模式達極顯著水準外，其他四季之模式皆不顯著(Table 3)。進而整合 Table 2 及 Table 3 之結果分季繪製路徑圖於 Fig. 4，圖中僅列出顯著的路徑係數，至於每一性狀之殘餘效應項及 R^2 項限於篇幅亦不予標示，但可參考 Table 2 及 Table 3。

1995 年春之子實重主要受到另一產量代表性狀穗重之正向影響，其他尚有穗長、軸徑及雌穗吐絲日數等性狀之負向影響，但這三個性狀之路徑係數均甚小 (-0.07 -0.09)，故影響較小。子實重之產量構成要素中，子實長則主要受到穗徑之正向影響，軸徑之負向影響次之，及穗重負向影響甚微；百粒重僅受到穗重之正向影響。另一產量代表性狀穗重則同時受到前期植株性狀葉數及莖徑之正向影響，影響程度近似。而穗重之產量構成要素中，穗長則受到雌穗吐絲日數及莖徑之一負一正之近似影響；穗徑則受到莖徑及葉數之正向且近似的影響；軸徑僅受到葉數之正向影響；每穗行數則未明顯受到任何前期性狀之影響。

1996 年春之前期性狀對後期產量的可能影響路徑，子實重主要受到穗重之正向影響，其他尚有穗長、軸徑及葉數之負向影響，但影響較小。子實重之產量構成要素中，子實長僅受到穗徑之正向影響；子實容積重則受到軸徑與穗重之正向影響及每穗行數之負向影響，影響程度近似；百粒重則未明顯受到任何前期性狀之影響。穗重、軸徑及每穗行數均未明顯受到任何前期植株性狀之影響。而穗重之產量構成要素中，穗長及穗徑皆受到葉數之正向影響。

1995 年秋之子實重主要受到穗重之正向影響，其他尚有穗長、穗徑、雌穗吐絲日數之正向影響及軸徑與雄穗開花日數之負向影響，但影響較小。子實重之產量構成要素中，子實長則主要受到穗徑之正向影響，其他尚有雄穗開花日數與穗位高之正向影響及株高與葉數之負向影響則較小；百粒重則未明顯受到任何前期性狀之影響；子實容積重則同時受到穗長及穗徑之正向影響，穗徑之影響程度相對大於穗長。穗重僅受到前期植株性狀株高之正向影響。而穗重之產量構成要素中，穗長則受到雄穗開花日數及莖徑之正向影響，雌穗吐絲日數之負向影響，其中以雄穗開花日數之影響較大，但影響程度差異不大；穗徑則受到雌穗吐絲日數及株高之一負一正的影響；軸徑僅受到雄穗開花日數及株高之一負一正的影響；每穗行數僅受到莖徑之負向影響。

1996 年秋子實重主要受到穗重之正向影響，其他尚有株高及穗長之負向影響，但影響較小。子實重之產量構成要素中，子實長則主要受到穗徑之正向影響，其他尚有軸徑之正向影響及雌穗吐絲日數與穗重之負向影響，影響程度則較小；百粒重主要受到

Table 2. Path analysis for each kernel character affected by the characters in the early growing stages in TNW maize population

Character[1]	Season[2]	TS	SK	PH	EH	SD	NL	LE	DE	DC	EW	ERN	e[3]	R^2[3]	F[3]
KW	95S	0.05	-0.08*	-0.01	-0.03	0.003	0.02	-0.07**	-0.01	-0.09**	1.05**	-0.02	0.17	0.970**	
	96S	-0.01	-0.04	0.05	0.01	-0.03	-0.05*	-0.04*	0.03	-0.11**	0.98**	0.03	0.11	0.987**	
	95F	-0.15*	0.22**	-0.04	-0.01	-0.02	0.03	0.13*	0.38**	-0.17**	0.73**	-0.04	0.28	0.919**	
	96F	-0.05	-0.07	-0.10**	0.07	0.01	0.02	-0.07*	-0.06	0.02	1.04**	0.02	0.22	0.950**	
	95W	0.03	-0.03	-0.05**	0.01	0.005	-0.0001	-0.005	0.02	-0.06**	1.03**	0.01	0.09	0.993**	
LK	95S	0.01	-0.01	-0.004	0.002	0.01	0.003	-0.005	1.43**	-1.06**	-0.03*	-0.005	0.07	0.995**	
	96S	0.03	-0.19	-0.08	-0.10	0.10	0.20	-0.17	0.78**	-0.47**	0.51**	-0.10	0.13	0.983**	
	95F	0.32**	-0.12	-0.31**	0.23*	0.06	-0.14*	0.01	0.85**	0.12	0.02	0.09	0.52	0.734**	
	96F	-0.15	-0.57**	-0.05	0.12	-0.08	0.10	0.01	1.00**	0.32**	-0.12*	-0.07	0.39	0.844**	
	95W	-0.05**	0.05*	-0.03*	0.001	0.006	0.005	0.01	1.27**	-1.02**	0.28**	0.003	0.04	0.999**	
100KW	95S	-0.17	0.16	0.13	0.08	-0.03	-0.01	-0.05	0.2	0.04	0.49**	-0.13	0.74	0.459**	
	96S	-0.29	-0.06	-0.22	-0.15	-0.09	0.27	0.22	0.24	-0.15	0.08	-0.17	0.79	0.374*	
	95F	0.01	0.19	0.18	-0.17	-0.05	0.18	0.11	0.27	0.19	0.06	-0.20	0.79	0.373**	
	96F	0.30*	-0.42**	0.26**	-0.27**	-0.16	-0.13	-0.15	0.48**	-0.11	0.46**	-0.23**	0.55	0.700**	
	95W	-0.16	-0.05	0.08	-0.10	0.16	0.06	-0.24	0.40**	-0.07	0.43*	-0.35**	0.74	0.457**	
KVW	95S	-0.10	-0.09	-0.34*	0.38*	0.12	0.04	-0.2	-0.06	-0.04	0.37*	-0.07	0.91	0.170 ns	
	96S	0.11	-0.26	-0.25	0.26	0.01	-0.32*	0.09	0.05	-0.29*	0.54**	-0.06	0.67	0.550**	
	95F	-0.35	0.31	0.16	0.06	-0.06	0.20	0.28*	0.48*	-0.21	-0.19	-0.18	0.81	0.336**	
	96F	-0.01	-0.07	0.23	0.04	0.14	0.07	-0.01	-0.04	-0.11	0.15	0.01	0.90	0.183*	
	95W	-0.11	0.13	0.06	-0.31	-0.14	0.05	-0.05	0.24	0.05	0.10	-0.15	0.93	0.130 ns	

1 TS: days to tasseling; SK: days to silking; PH: plant height; EH: ear height; SD: stalk diameter; NL: leaf number; LE: ear length; DE: ear diameter; DC: cob diameter; EW: ear weight; ERN: row number per ear; KW: kernel weight; LK: kernel length; 100KW: 100-kernel weight; KVW: volume weight of kernel.

2 95S: 1995 spring; 96S: 1996 spring; 95F: 1995 fall; 96F: 1996 fall; 95W: 1995 winter.

3 e: residual factor; R^2: coefficient of determination; F: F-test of regression model.

*,**: Significant at 5 and 1% level, respectively; ns: non-significant at 5% level.

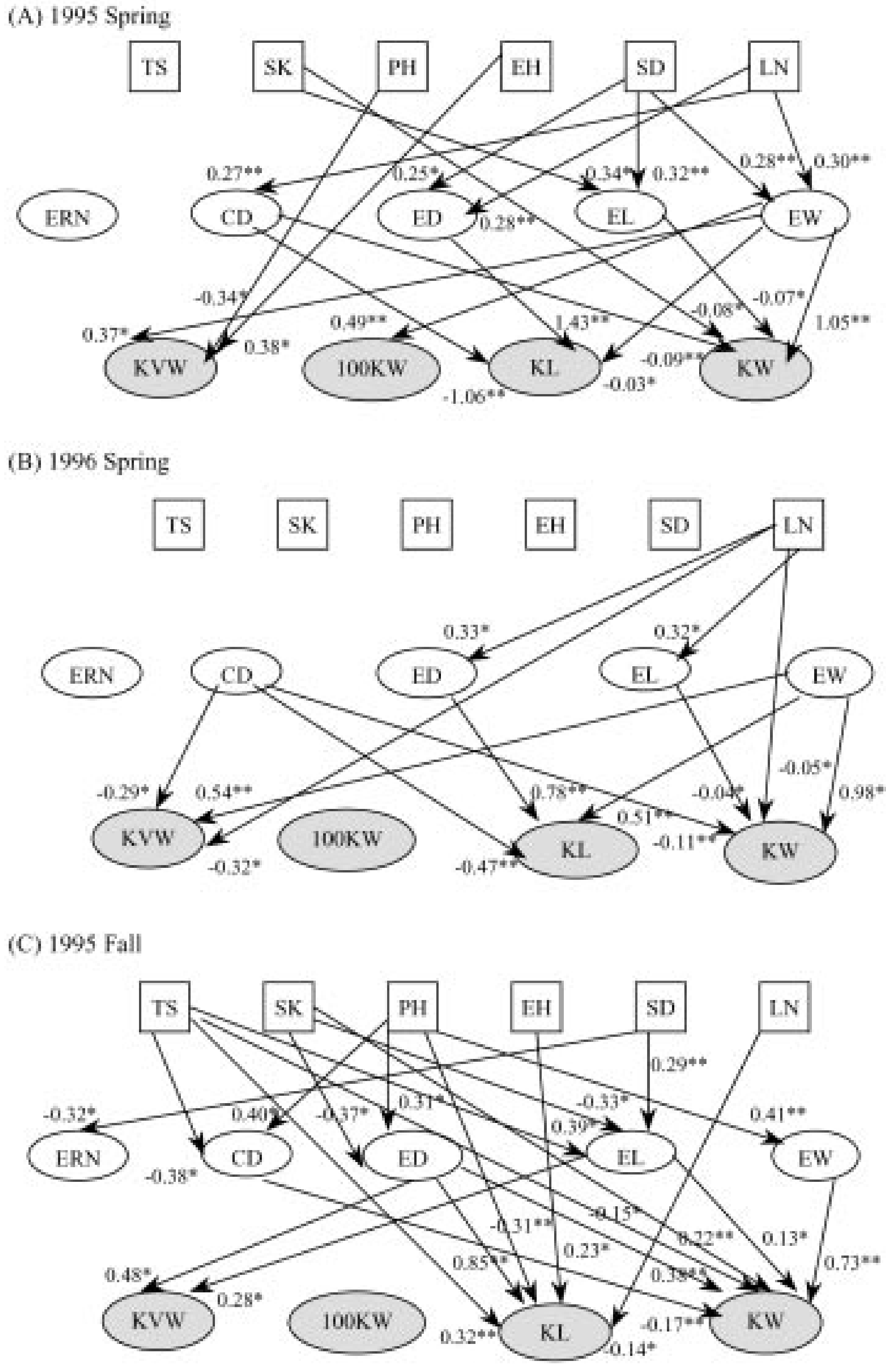
Table 3. Path analysis for each ear character affected by the characters in the early growing stages in TNW maize population

Character [1]	Season [2]	TS	SK	PH	EH	SD	LN	e [3]	R^2 [3] F [3]
EW	95 S	0.20	-0.31	0.13	-0.14	0.28 **	0.30 **	0.85	0.281 **
	96 S	0.003	-0.25	0.07	0.07	0.04	0.15	0.95	0.101 ns
	95 F	0.05	-0.24	0.41 **	0.19	-0.02	-0.09	0.85	0.282 **
	96 F	0.10	-0.17	0.05	0.13	0.48 **	0.004	0.81	0.337 **
	95 W	0.03	0.19	0.10	0.002	0.38 **	0.25 *	0.72	0.486 **
EL	95 S	0.33	-0.34 *	0.02	-0.08	0.32 **	0.11	0.90	0.184 **
	96 S	0.04	0.09	0.19	-0.07	0.16	0.32 *	0.88	0.229 *
	95 F	0.39 *	-0.33 *	0.26	0.06	0.29 **	0.04	0.79	0.370 **
	96 F	0.06	-0.07	-0.03	0.22 *	0.63 **	-0.03	0.73	0.463 **
	95 W	-0.08	0.21	0.41 **	-0.13	0.22 *	0.23 *	0.75	0.441 **
ED	95 S	0.12	-0.24	0.01	0.04	0.25 *	0.28 **	0.88	0.224 **
	96 S	0.03	-0.29	-0.05	-0.04	0.18	0.33 *	0.91	0.174 ns
	95 F	-0.04	-0.37 *	0.31 *	0.14	-0.02	0.002	0.86	0.260 **
	96 F	0.10	-0.57 **	0.17	-0.0002	0.18	0.04	0.79	0.380 **
	95 W	-0.25	0.45 *	-0.02	-0.03	0.41 **	0.18	0.84	0.299 **
CD	95 S	-0.10	0.18	-0.07	0.08	0.18	0.27 **	0.93	0.128 *
	96 S	0.10	-0.05	-0.09	0.12	0.26	0.19	0.93	0.143 ns
	95 F	-0.38 *	0.04	0.40 *	-0.04	0.01	0.09	0.88	0.225 **
	96 F	0.34	-0.20	0.34 *	-0.15	0.34 **	-0.06	0.84	0.292 **
	95 W	0.10	-0.01	0.12	-0.30 *	0.37 **	0.26 *	0.85	0.276 **
ERN	95 S	0.13	-0.16	-0.17	0.20	0.20	-0.003	0.97	0.059 ns
	96 S	-0.22	0.21	0.04	-0.01	-0.08	0.21	0.97	0.059 ns
	95 F	-0.06	-0.14	0.29	-0.29	-0.32 **	-0.12	0.89	0.206 **
	96 F	-0.12	-0.01	0.13	0.03	-0.08	0.07	0.98	0.032 ns
	95 W	0.13	-0.08	-0.07	-0.24	0.02	0.11	0.98	0.044 ns

1 TS:days to tasseling; SK:days to silking; PH:plant height; EH:ear height; SD:stalk diameter; LN:leaf number; EL:ear length; ED:ear diameter; CD:cob diameter; EW:ear weight; ERN:row number per ear.
2 95 S: 1995 spring; 96 S: 1996 spring; 95 F:1995 fall; 96 F: 1996 fall; 95 W: 1995 winter.
3 e : residual factor, R^2: coefficient of determination; F:F-test of regression model.
*, **: Significant at 5 and 1% levels, respectively; ns: non-significant at 5% level.

穗重與穗徑之正向影響及雌穗吐絲日數之負向影響，其他尚有雄穗開花日數與株高之正向影響及穗位高與每穗行數之負向影響，但影響程度較小；子實容積重則未明顯受到任何前期性狀之影響。穗重僅受到前期莖徑之正向的影響。而穗重之產量構成要素中，穗長則受到穗位高及莖徑之正向影響，其中莖徑之影響較大；穗徑則受到雌穗吐絲日數之負向影響；軸徑則受到株高及莖徑之正向且近似的影響；每穗行數則未明顯受到任何前期性狀之影響。

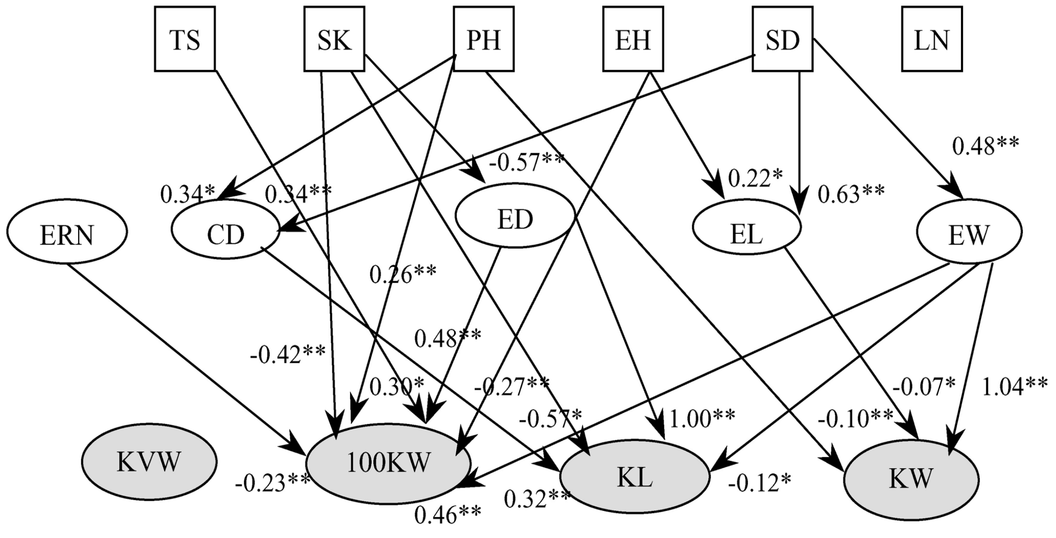
1995 年冬之子實重主要受到穗重之正向影響，其他尚有軸徑及株高之負向影響，但影響較小。子實重之產量構成要素中，子實長則主要受到穗徑之正向影響及軸徑之負向影響，其他尚有穗重與雌穗吐絲日數



(Continue Fig. 4)

(To be continued)

(D) 1996 Fall



(E) 1995 Winter

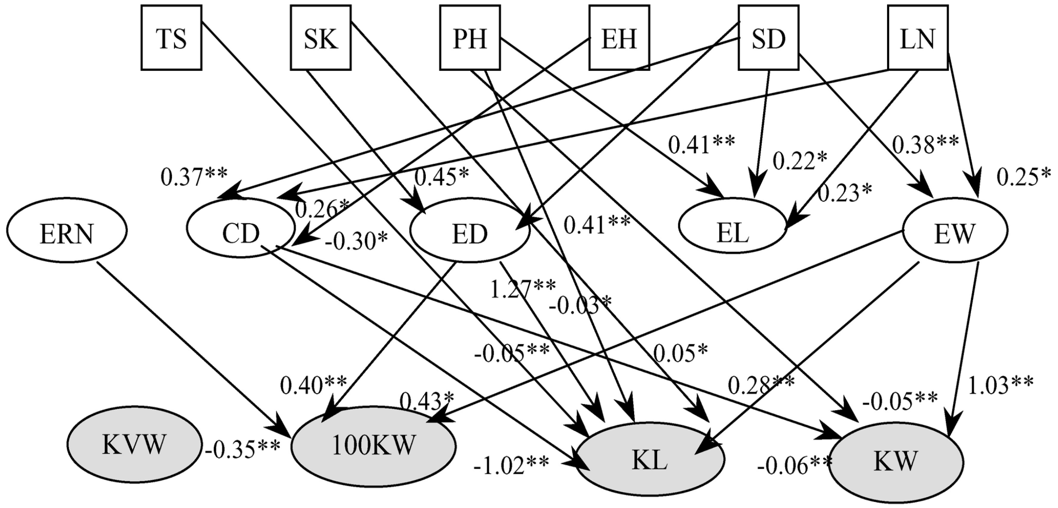


Fig. 4. Path analysis on the kernel and ear characters affected by the agronomic characters in the early growing stages of TNW maize population grown in different crop seasons. (only list the significant paths) TS:days to tasseling; SK:days to silking; PH:plant height; EH:ear height; SD:stalk diameter; LN:leaf number; ERN:row number per ear; CD: cob diameter; ED: ear diameter; EL: ear length; EW: ear weight, KVW:volume weight of kernel; ,100KW:100-kernel weight; KL:kernel length; KW:kernel weight; *, **:significant at 5% and 1% levels, respectively.

之正向影響及雄穗開花日數與株高之負向影響，但影響程度則較小；百粒重則受到穗重與穗徑之正向影響及每穗行數之負向影響，影響程度近似；子實容積重則未明顯受到任何前期性狀之影響。穗重同時受到前期莖徑及葉數之正向影響，莖徑之影響程度相對大於葉數。而穗重之產量構成要素中，穗長則受到株高、莖徑及葉數之正向影響，其中以株高之影響較大；穗徑則受到雌穗吐絲日數及莖徑之正向且近似的影響；軸徑則受到穗位高、莖徑、及葉數之一負二正的影響，其中以莖徑之影響較大；每穗行數則未明顯受到任何前期性狀之影響。

綜觀子實性狀於不同季節下之路徑分析結果(Table 2 及 Fig. 4)，所有五季之穗重對子實重的路徑係數均達極顯著水準，顯示穗重為子實重之重要決定性狀，子實重之平均表現直接受到穗重之正向影響，同時亦直接受到軸徑及穗長之負向影響(影響程度微小)。另外尚有部分植株性狀經由這三個果穗性狀而間接影響子實重，但所決定之植株性狀的種類及影響程度則有季節間之變異；而且子實重所有五季之複迴歸模式均達極顯著水準，複迴歸模式的解釋能力則高達 92-99%，而殘餘效應均甚小。顯示不同季節下子實重明顯受到上述之不同生育前期性狀的影響，其他來自未知因子之影響已非常微小，應可充分解釋子實重之絕大部份變異原因。而子實長為子實重之產量構成要素，所有五季之穗徑對子實長的路徑係數均達極顯著水準，顯示穗徑為子實長之重要決定性狀，子實長之平均表現直接受到穗徑之正向影響，同時亦直接受到軸徑之負向影響(各僅四季的路徑係數達極顯著水準，且影響程度較小)及部份穗重之正向影響(僅三季的路徑係數達極顯著水準，且影響程度微小)。另外尚有部分植株性狀經由這三個果穗性狀而間接影響子實重，但所決定之植株性狀的種類及影響程度則有季節間之變異；而且子實長所有五季之複迴歸模式亦均達極顯著水準，且複迴歸模式的解釋能力高達 73-100%，而殘餘效應均甚小。顯示不同季節下子實長明顯受到上述之不同前期生育性狀的影響，應可充分解釋子實長之大部份變異原因，除了 1995 年秋之外，其他來自未知因子之影響已非常小。百粒重所有五季之複迴歸模式雖達極顯著水準，僅 1996 年秋之模式解釋能力較高而達到 70%，其他四季的模式解釋能力均不高而介於 37-46% 之間，殘餘效應均較大，顯示不同季節下(1996 年秋除外)百粒重受到上述之不同前期生育性狀的影響程度不大，部份來自未知因子之影響尚待釐清。而子實容積重僅三季之複迴歸模式達顯著或極顯著水準，而且僅 1996 年春之模式解釋能力達到 55%，解釋能力不高，其他四季的模式解釋能力則更低而介於 13-34%之間，殘餘效應均較大，顯示不同季節下子實容積重受到上述之不同前期生育性狀的影響程度不大，絕大部份來自未知因子之影響尚待釐清。

其次綜觀果穗性狀於不同季節下之路徑分析結果(Table 3 及 Fig. 4)，穗長所有五季之複迴歸模式均達極顯著水準；穗重除了 1996 年春之複迴歸模式未達極顯著水準外，其他四季之模式皆達極顯著水準；每穗行數除了 1995 年秋之模式達極顯著水準外，其他四季之模式皆不顯著。1996 年春前期性狀對所有果穗性狀(穗長除外)之模式皆未達顯著水準，且所有果穗性狀於各季之複迴歸模式的解釋能力皆未超過 50%，殘餘效應均較大。顯示不同季節下果穗性狀受到前期植株性狀的影響程度不大，且各季間影響之性狀及程度不盡相同，絕大部份來自未知因子之影響尚待釐清。未知因子可能是

產量構成要素間之相互影響，或是季節氣候因子、土壤理化狀況及病蟲害之發生率等差異所影響。

討論

本研究中所調查之性狀有 15 個之多，之所以調查這些性狀是因為它們都與品種選育及環境之適應性有密切關聯。如雄穗開花期大多早於雌穗吐絲期，二者間距愈小對雜交及自交之授粉工作愈有利，且開花吐絲之快慢還代表了成熟期之早晚。大部份飼料玉米或採種田約於開花吐絲後 1 1.5 個月達到黃熟期始可進行採收，而鮮食玉米則以開花吐絲後 14 28 天之品質為最佳。株高則為玉米營養生長勢之代表性狀，且與穗位高有極顯著之正相關，穗位若太高則有風折或倒伏之可能，穗位若太低則不適合機械之收穫作業。莖徑亦為玉米生長勢之代表性狀，通常臺南白玉米族群之植株愈高則莖徑愈細，兩者間似乎存在有相互補償之機制。每穗行數通常認為是主效基因控制之性狀，為品種特性之一。穗徑及軸徑則具體反映於剝實率之優劣。穗長為穗重之構成要素之一，太短則產量通常不高，太長則須考慮稔實率及充實程度之高低。子實之長短為影響產量之重要因素之一。子實容積重為穀類作物品質代表性狀之一，亦即子實之充實程度。百粒重則可用以表示子實之大小。穗重為產量之毛重，而淨重為子實重。因此本研究由這些重要的農藝性狀間之路徑分析，來描述臺南白玉米族群產量性狀對變異環境之穩定性表現，並推測其可能的影響因素及路徑。

臺南白玉米族群於五季或四季均表現正相關之性狀有穗徑與子實長、子實重、軸徑，穗長與穗重、子實重，穗重與子實重，表示這些性狀間之關係不會因季節之變異而改變，是非常密切且穩定。子實長與子實重於三季亦表現顯著之正相關。Yang and Huang (1991)以產量為選拔指標，針對臺南白玉米族群進行簡單混合選拔，結果對族群之增進無顯著效果，而提出可能須針對栽植季節環境進行選育才有較大之效果。或依相關性狀選育優良自交系，以雜種 F_1 為目標應是可行的途徑之一(Shieh and Thseng 1999)。路徑分析亦是相關關係的探討方法之一，而路徑係數與淨相關係數之最大不同在於前者具有方向性(Li 1975)。但路徑係數畢竟是屬於「相關關係的研究」，因此除非證據十分明確，不宜輕易下因果關係的結論。當我們說某變項決定另一變項時，只是根據數據的猜測或判斷而已，所以必須小心下結論才好。換言之，在路徑分析中的因果模式，只是用以幫助「說明」假設中的直接或間接的影響關係，不是用來「證實」其間的因果關係。依據生物學之觀點，通常生物之生長發育是不可逆的(逆春化現象除外)，且生育後期之表現絕大部份會受到前期生育狀態之綜合影響，本研究即針對台南白族群，依據五個不同季候之 15 個農藝性狀的表現進行路徑分析。

綜合本研究結果顯示，臺台南白族群之子實重受其產量構成要素之影響程度較小，而穗重受其產量構成要素之影響程度較大。臺南白族群之生育前期性狀對後期產量性狀(子實或果穗)之影響程度比較，則以子實性狀受前期果穗及植株性狀之影響程度較高，即子實性狀之複迴歸模式解釋能力及路徑係數大體上都較高於果穗性狀。本研究亦發現，參與路徑分析之前期性狀(即變項)愈多，則後期性狀之複迴歸模式的解釋能力及路徑係數往往也愈高，表示後期性狀受到不明未知因素的影響則減少。若雄穗開花日

數及雌穗吐絲日數之路徑係數均達顯著水準，則必為一正一負，顯示此二性狀以互相補償之機制對果穗及子實性狀造成影響，但是在不同季節及不同性狀間之表現有差異，以目前所知之生理或遺傳之學理無法完全推論其成因，此現象則是有待進一步加以探索及釐清之問題。

依據臺南白族群於不同季節下生育前期性狀對產量(穗重及子實重)的路徑分析結果，可推論出性狀之間的直接或間接影響關係，因此若要增進臺南白玉米族群之子實產量，應以穗重為首要之選種指標，因子實重直接受到穗重明顯而正向之影響，表示果穗愈重則子實產量愈高。換言之，若以穗重為選種指標，則增進台南白族群之子實產量的機率將明顯提昇。再依據圖路徑分析中之關係推論，因穗重之產量構成要素中以穗長及穗徑為主要決定因子，即穗長及穗徑愈大則果穗產量愈高，故間接提高子實之產量。因此選拔較重之果穗的同時，應進一步考慮篩選出長且粗之果穗，做為第二層次之選拔指標。若再考慮子實重之產量構成要素，則可將子實長及百粒重納入為第三層次之選拔指標，應有直接提高子實產量之效果，因子實長及百粒重是決定子實重之主要產量構成要素。

誌謝

本研究承行政院農委會計畫(84 科技-2.1-糧-27-2(1), 85 科技-1.3-糧-35-8-(1), 86 科技-1.3-糧-10-2-(1))經費支持，以及農委會農業試驗所提供臺南白族群材料，使試驗得以順利完成，特致謝忱。

引用文獻

Chang SH, HY Lu, C Chan (2002a) Comparison of stability for agronomic characters in Tainan-white maize test-cross populations under different crop seasons. (in Chinese) **Chinese J. Agromet.** 9:25-36.

Chang SH, HY Lu, C Chan (2002b) Effects of methorological factors on seasonal variation of agronomic characters in Tainan-white maize population. (in Chinese) **Chinese J. Agromet.** 9:37-48.

Chen C, TJ Lien (1989) Studies on interaction of germplasm and environments in maize. p.9-28. Symposium on Maize Physiology, Genetics and Breeding. (in Chinese) Special issue of Botany, Academia Sinica No 7, Taipei, Taiwan.

Huang YC, WH Yang, MT Tseng, SS Huang (1990) Comparisons of agronomic traits among seven Tainan-white maize populations. (in Chinese) Memoirs of the College of Agric. National Taiwan Univ. 30:52-59.

Li CC (1975) Path Analysis. Boxwood press, Pacific Grove, California. 346 pp.

SAS Institute Inc. (2001) SAS/STAT User's Guide.Version.8.2, vol 2. SAS Inst., Cary, NC, USA. 943 pp.

Shieh GJ, FS Thseng (1998) Variation of the agronomic characters of different Tainan-white maize populations in Taiwan. (in Chinese) **J. Agric. Res. China** 47: 204-219.

Shieh GJ, FS Thseng (1999) Yield potential of F_1 hybrids derived from Tainan-white maize populations grown in different crop seasons. (in Chinese) **J. Agric. Res. China** 48:22-39.

Sokal RR, FJ Rohlf (1981) Biometry. p.642-661. 2nd ed. WH Freeman and Company, San Francisco.

Yang WH, YC Huang (1991) Response of yield and other agronomic traits to mass selection in Tainan-white maize population. (in Chinese) **Chinese Agron. J.** 1:131-146.

Yang WH, YC Huang, MT Tseng, SS Huang (1991) Effect of environmental factors on agronomic traits of Tainan-white maize Population. (in Chinese) **Chinese Agron. J.** 1:293-308.

Yang SH, GJ Shieh, ST Wu (2003) Variation of the germination characters of different Tainan-white maize populations in Taiwan. (in Chinese) **J. Agric. Assoc. China** (new series) 4:1-16.

－編輯：楊純明